

# **Jellemezhető-e a tanulás hatékonysága EEG-regisztrátummal?**

Kvaszingerné Prantner Csilla – Antal Károly – Emri Zsuzsanna

A tanulási folyamat értékelésére régóta használják a különböző fiziológiai jellemzőket, köztük az agyi elektromos tevékenységet (EEG). A laboratóriumi körülmények között készített sokelektrodás, nagy frekvenciatartományt felölelő mérések segítségével számos, tanulással kapcsolatos ideglettani folyamat részletét sikerült tisztázni, de a laboratóriumi körülmények között használt eszközök osztálytermi alkalmazása nehézkes. Osztálytermi alkalmazásra egyszerűbb, könnyebben kezelhető készülékeket fejlesztettek ki, amelyek viszont kevésbé részletgazdag regisztrátumok készítését teszik csak lehetővé. Az EEG-felvételekben a különböző izomaktivitásból, pislogásból származó műtermékek jelenléte elkerülhetetlen, ráadásul a műtermékek egy része feladatspecifikusan jelenik meg, megnövelve a különbséget az egyes feladatokhoz tartozó EEG-regisztrátumok között. Az egyszerűbb készülékekkel a gamma-aktivitás nehezen vizsgálható, az irányított figyelemmel járó alfa-aktivitás kvantifikálására viszont alkalmasak ezek az adatok. Összességében elmondható, hogy egy egyszerűbb EEG-készülékkel készített regisztrátum önállóan nem alkalmas a tanulás jellemzésére, de a hagyományos tesztelések kiegészítéseként értékes adatokkal szolgál a tanulási folyamatról.

## **Bevezetés**

A hatékony tanítási/tanulási módszer kialakításához, a használatban levő módszerek összehasonlításához szükséges a tanulók teljesítményének megbízható, objektív mérése lehetőleg olyan módon, hogy a mérési folyamat maga ne változtassa meg a tanítási folyamatot. Leggyakrabban vizsga-, illetve versenyeredményekkel jellemzik egy tanítási/tanulási folyamat sikerességét. Ez a tanulási folyamatot lezáró felmérés a folyamat szerves részének tekinthető, jelzi a tanárnak és a tanulónak is, hogy hol tartanak a tanulási folyamatban. A kapott értékelés hat a tanulási motivációra, és befolyásolja a tanuló viszonyulását a témához, oktatóhoz, illetve magához a tanuláshoz is (Farkas, 2017). Ez a típusú mérés viszont nem teszi lehetővé, hogy a tanulási folyamat eredményét még a folyamat közben, amikor még van lehetőség beavatkozásra, korrekcióra, megbecsüljük. Ráadásul a teszteredmények helyes interpretációjához figyelembe kell venni számos egyé-

ni és helyzetfüggő jellemzőt is, amelyek a tanítási/tanulási folyamattól függetlenül befolyásolják annak eredményét, ilyen jellemzők például a tanulók személyisége, képességeik, előzetes tanulmányaik (Messick, 1984). A tesztek és tanulói kérdőívek alkalmazásának további korlátja, hogy használatukkal erőteljesen beavatkozunk magába a tanítási folyamatba. Ha a tanulási folyamat pontosabb követéséhez először felmérjük a tanulók bemeneti ismereteit, majd a folyamat során az ismeretszintjüket többször is teszteljük, illetve beszámoltatjuk őket magáról a folyamatról, és a végeredményt ezeknek a tanulási folyamat alatt szerzett információknak a függvényében értékeljük, akkor a tervezett tanítási metodikához képest további ismétléseket, a tanultak átgondolását és felelevenítését kívántuk meg, és ezzel megváltoztattuk az eredetileg tesztelendő folyamatot (Mann, Taylor, Proger, Dungan és Tidey, 1970; Powers, 1985).

Ezeket a hátrányokat próbálják kivédeni akkor, amikor a tanulási folyamat során különböző fiziológiai paramétereket is követnek, és ezek változását korreláltatják az ismeretanyag elsajátításának mértékével. Számos szomatikus és vegetatív folyamat jellemzi a tanulási folyamatot, és segít megbecsülni a vizsgaeredményt. A vegetatív jellemzők követésének nagy előnye, hogy a modern, folyamatosan viselhető bioszenzor-technika segítségével a mérések viszonylag egyszerűen és olcsón kivitelezhetőek, és többféle mérés együttes alkalmazásával a kognitív folyamat karakterizálásának lehetősége is javul (Charland, Léger, Sénécal, Courtemance, Mercier, Skelling és Labonté-Lemoyne, 2015). A bőr ellenállásának változását és a szívrítmust követte Zhang, Qin, Liu, Qi, Zhao és Zhang (2018) matematikai és kínai tanórákon, és korreláltatta az év végi vizsga eredményével. A kínai vizsga eredményét sikeresen meg tudta jósolni az órák alatt regisztrált bőrellenállás értékeiből, de a matematikaeredmények előrejelzésére ez a módszer kevésbé bizonyult megbízhatónak (Zhang és mtsai., 2018). Jóhannsdóttir, Magnúsdóttir, Sigurjónsdóttir és Guðnason (2018) a kardiovaszkuláris rendszer folyamatos monitorozásával meg tudta becsülni a kognitív terhelés kezdetét és végét, de mértékét nem, az nem korrelált a mért jellemzőkkel. A tanulási folyamat sokkal részletesebben jellemezhető az agyi elektromos aktivitás (EEG) mérésével. Ezt a mérést körülményesebb kivitelezni, de mivel az EEG-vel a különböző agyterületek neuroncsoportjainak aktivitását követhetjük jó időbeli felbontással, sokkal közvetlenebbül kapcsolódik a kognitív folyamatokhoz, mint a vegetatív idegrendszer által irányított fiziológiai jellemzők. EEG-készülékekből több változat létezik, ezek közt a meghatározó különbség az elektródák számában és a mintavételi frekvenciában van. Az elektródaszám növelésével pontosabban határozhatjuk meg, hogy mely agyterületek aktívak egy adott feladatnál, és a felvétel elemzésekor több lehetőségünk van arra, hogy az idegrendszer jeleit és a felvételre rákerülő zajt

(műtermékeket) szétválasszuk. A mintavételi frekvencia pedig meghatározza, hogy milyen gyors aktivitásokat tudunk regisztrálni. A kognitív folyamatokat kísérő gamma-aktivitás biztonságos regisztrálásához kis amplitúdójú 70 Hz-es jelek rögzítését kell megoldani a hálózati 50 Hz-es aktivitást használó elektromos eszközök jelenlétében. Erre leginkább a nagy elektródaszámú, gyors aktivitásokat is rögzíteni képes készülékek képesek, amelyeket leginkább laboratóriumi körülmények között használnak. Ezek a készülékek drágák, a készülék felhelyezése szakértelmet kíván, és rendkívül időigényes, ráadásul a jó minőségű elvezetéshez szükséges elektromos kontaktus kialakítása legtöbbször gél használatával történik, amely leginkább hajmosással távolítható el a felvétel végeztével a hajról. Ezeknek a készülékek leginkább a tanulási folyamat hátterében álló idegi mechanizmusok felderítésében nyújtanak segítséget (Hinault és Lemaire, 2016; Klimesch, 1999).

## **EEG-mérések alkalmazása különböző tanulási folyamatokhoz**

Az EEG-felvételben különböző frekvenciájú agyhullámokat azonosíthatunk (alfa: 8-13 Hz, theta: 3,5-7 Hz, delta: 0,5-3,5 Hz, béta 13-25 Hz és gamma: 30-70 Hz). Ezek mindegyike többféle tevékenységhez is kapcsolható (Buzsaki, 2006; Singer, 1993). Az alfa-hullámok például nyugalomban és erős koncentráció alatt is megjelennek, a szenzoros ingerek agykéreghez jutását (tudatosulását) gátolják, akár relaxációról van szó, akár olyan feladatról, amelyhez memóriánkban raktározott ismeretekre van szükség (Basar, Schürmann, Başar-Eroglu, Karakaş, 1997; Klimesch, 2012). A tananyag hosszú távú memóriába kerülését theta- és gamma-oszcillációk kialakulása kíséri, a theta-aktivitást leginkább a kódoláshoz kötik, míg a gamma-aktivitás segíti az adott feladat megoldásában részt vevő távolabbi agyterületek együttes aktivitásának kialakulását és a hosszú távú memóriába szállítandó ismeretanyag kijelölését (Diekelmann és Bom, 2010; Rutishauser, Ross, Mamelak és Schuman, 2010). EEG-felvételekben azonosítva ezeket a hullámokat, meghatározva előfordulásukat, amplitúdójukat és időzítésüket, össze tudták hasonlítani például a különböző feladattípusok hatását a figyelem fenntartására (Cohen és Parra, 2016; Zhang, Zhou, Briggs és Nunamaker, 2006), a hosszú távú memória kialakulására (Klimesch, 1999), sőt a feladatok megoldásához alkalmazott stratégiát is jellemezni tudták EEG-adatokból (Gruzelier, 2009; Hinault és Lemaire, 2016). Ezek a laboratóriumi körülmények között, ellenőrzöttén zajló vizsgálatok azonban nem tükrözik az osztálytermi körülményeket, eredményeikből nem feltétlenül vonhatunk le következtetéseket az osztálytermi körülmények közötti tanításra/tanulásra vo-

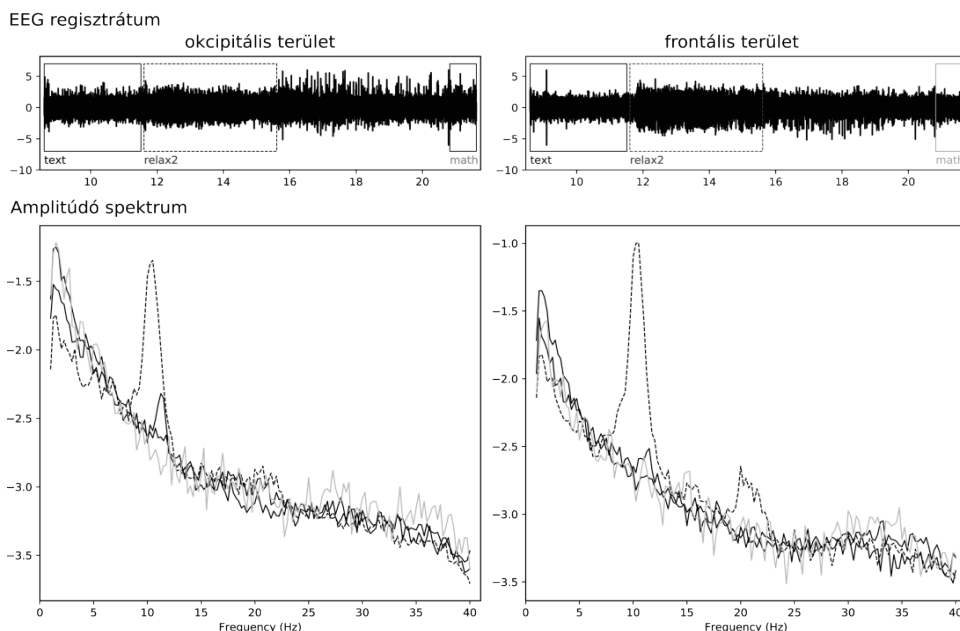
natkozólag. Egy tanórán a különböző mértékű figyelmi állapotok folyamatosan alakulnak egymásba. Komplex ingerek érik az idegrendszert, emiatt egyszerűbb kísérleti felállásoknál nem jelentkező információfeldolgozási stratégiákra is fény derülhet. Egy komplex környezetben a külvilági történések folyamatos leképezésére van szükség, sok mindent rögzítünk, de ezekből a belső reprezentációkból csak a későbbi események tükrében fontosak maradnak meg (Gusnard és Raichle, 2001). A laboratóriumi körülmények között jellemző mintázattanulást valós környezetben a mintázatok kiszűrése, illetve már ismert mintázatok ingerstruktúrákhoz társítása váltja fel (Hasson, 2017). Ráadásul a laboratóriumokban rutinszerűen végzett mérések osztálytermi megvalósítása számos technikai nehézségbe ütközik (Rabbi, Ivanca, Putnam, Musa, Thaden és Fazel-Rezai, 2009), emiatt osztálytermi környezetben egyszerűbb technikát alkalmaznak, kevesebb elektródás, olcsóbb készülékeket, amelyek felhelyezése nem igényel szakembert, és a tanórák közötti szünetben kivitelezhető, valamint viselése kényelmes. A kevesebb elektróda és a kisebb mintavételi frekvencia miatt ezekkel a készülékekkel készített elvezetésekben nem azonosíthatók kisebb agyterületek aktivitási különbségei, és a gamma-frekvenciatartományban bekövetkező változások követésére is kevésbé nyílik lehetőség.

## **Emotiv EPOC EEG-készülékkel rögzített EEG-aktivitás különböző feladatok alatt**

Az *Emotiv EPOC* EEG-készülék az egyik típusa az egyszerű felhelyezést, kényelmes viseletet biztosító, pedagógiai kutatásokhoz is használható, relatíve olcsó készülékeknek. *A készülék 14 elektródát tartalmaz, az 50 Hz-nél alkalmazott beépített pontszűrő miatt 30-40 Hz frekvenciatartományig mér megfelelő minőségben. Vezeték nélküli készülék, akkumulátora kb. 12 órás mérést tesz lehetővé. Korábbi munkáinkban már beszámoltunk arról, hogy egy egyszerű feladatsor alatt Emotiv EPOC készülékkel regisztrált EEG-aktivításban jelentős különbséget tudunk kimutatni mind a feladatok, mind a tanulók között (Antal, Kvaszingerné és Emri, 2017; Kvaszingerné és Emri, 2018). További vizsgálatainkban arra voltunk kíváncsiak, van-e olyan jellemzője az EEG-nek, amely előrejelezheti a feladatmegoldás sikerét.*

A mérésre vállalkozó egyetemi hallgatók EEG-aktivitását rögzítettük relaxáció, szövegolvasás és számolás alatt (1. ábra). Relaxáció alatt behunyt szemmel kellett ülniük 4 percig, amíg egy semleges, megnyugtató zene szólt. Az olvasott szöveg kb. 300 szó hosszú volt, és az olvasást követően kb. 10 perc múlva a szöveggel kapcsolatban 10 kérdésre kellett a kísérleti alanyoknak vála-

szolniuk, a számolási feladatban pedig 20 kétjegyű szám összeadásából, illetve kivonásából álló műveletet kellett megoldaniuk. A kérdésekre adott válaszokat és a számtani feladat végeredményét ellenőriztük.



**1. ábra. Frontális és okcipitális EEG-aktivások és a belőlük számolt amplitúdóspektrum relaxáció, olvasás és számolás alatt.**

Mindkét régióban relaxáció (relax) alatt látjuk a legmagasabb alfa (10 Hz frekvencia körüli) -aktivitást, és a számolás (math) alatt a legalacsonyabbat.

A relaxáció alatti aktivitási mintázatban jellegzetes egyéni különbségeket találtunk. Behunytt szemmel az alfa-aktivitás növekedhetett csak az okcipitális elektródon, az okcipitális és frontális régiókban is, és voltak olyanok is, akiknél nem tapasztaltunk egyik elektródon sem látványos növekedést. Olvasás alatt, amennyiben érdekesnek találták a szöveget, az erőteljesebb okcipitális alfa-aktivitás jobb teszteredménnyel párosult. Unalmas vagy érthetetlen szövegnél nem lehetett az alfa-aktivitásból az eredményt megjósolni. A matematikai feladat szokatlanak bizonyult az egyetemisták számára, mindenkinél erőteljes aktivitásváltozást láttunk, ennek legmeghatározóbb eleme a gyakori pislogás volt. Eredményességgel az agyi aktivitást nem tudtuk korreláltatni, mert alig néhányan oldották meg helyesen a feladatot.

## Összefoglalás

Az EEG pedagógiai alkalmazásához osztálytermi környezetben még számos technikai nehézséget kell legyőzni (Rabbi és mtsai., 2009). Az EEG-aktivitások és a különböző kognitív folyamatok korreláltatásához szükséges nagy kapacitású adattároló és elemző informatikai háttér nem olyan régóta elérhető, nem áll még rendelkezésre elegendő adat az általánosításokhoz. Egyelőre elegendő adat hiányában nem tudjuk az egyéni jellegzetességeket megfelelően figyelembe venni a kiértékelésnél. A nyugalmi EEG-aktivitásokban talált különbségek is arra hívják fel a figyelmet, hogy egyéni jellegzetességek alapján az egészséges gyerekek is több csoportra oszlanak (Soroko, Shemyakina, Nagornova és Bekshaev, 2014). Az eddigi eredmények biztatóak, Matusz, Dikker, Huth és Perrodin, C. összefoglalójában a nehézségek mellett számtalan eredményt mutat meg, amelyek például a szociális kapcsolatok és a tanulás közti összefüggésekre mutattak rá (2019). A mobil EEG-vel regisztrált adatokat sikeresen alkalmazták neuronális fejlődési rendellenességek korai diagnosztikájában is (Lau-Zhu, Lau és McLoughlin, 2019). A biztató eredmények ellenére érdemes észben tartani, hogy a jelenlegi technológiával készített felvételekben a különböző szemmozgásokból, pislogásból, egyéb izmok mozgásából származó zajok jelentős mértékben torzítják az agyi aktivitás frekvenciaeloszlását. Ezek a jelek feladatspecifikus előfordulást mutathatnak, így az értékeléshez felhasználhatók, de ha azonosításuk nem történik meg, téves interpretációhoz vezethetnek (Johnson, 2017, Lau-Zhu és mtsai., 2019).

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00001 azonosítójú, EU társfinanszírozású projekt támogatta.

## Felhasznált irodalom:

- Antal Károly, Kvaszingerné Prantner Csilla és Emri Zsuzsa (2017): What EEG can tell us about learning? *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis Nova Series: Sectio Biologiae*, **44**. 55–65.
- Başar, E., Schürmann, M., Başar-Eroglu, C. és Karakaş, S. (1997): Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. *International Journal of Psychophysiology*, **26**. 5–29.
- Buzsaki, G. (2006): *Rhythms of the brain*. Oxford University Press, New York.

- Charland, P., Léger, P. M., Sénécal, S., Courtemanche, F., Mercier, J., Skelling, Y. és Labonté-Lemoyne, E. (2015): Assessing the multiple dimensions of engagement to characterize learning: a neurophysiological perspective. *Journal of Visualised Experiments*, **101**. e52627. Doi: 10.3791/52627
- Cohen, S. S. és Parra, L. C. (2016): Memorable audiovisual narratives synchronize sensory and supramodal neural responses. *Eneuro*, **3**. ENEURO.0203-16.2016; doi: 10.1523/ENEURO.0203-07.2016.
- Diekelmann, S. és Born, J. (2010): The memory function of sleep. *Nature Reviews Neurosciences*, **11**. 114–126. doi: 10.1038/nrn2762.
- Farkas, Éva (2017): *Mérés-értékelés kézikönyv. Tanulási eredmények mérése és értékelése a szakképzési mobilitási gyakorlatokban*. Tempus Közalapítvány, Budapest.
- Gusnard, D. A. és Raichle, M. E. (2001): Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. *Nature Reviews Neuroscience*, **2**. 685–694. doi: 10.1038/35094500.
- Gruzelier, J. (2009): A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processes*, **10**. Suppl 1. S101-9. doi: 10.1007/s10339-008-0248-5.
- Hasson, U. (2017): The neurobiology of uncertainty: implications for statistical learning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. **372**. 1711. sz. pii: 20160048. doi: 10.1098/rstb.2016.0048.
- Hinault, T. és Lemaire, P. (2016): What does EEG tell us about arithmetic strategies? A review. *International Journal of Psychophysiology* 106. 115–126. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2016.05.006.
- Jóhannsdóttir, K. R., Magnúsdóttir, E. H., Sigurjónsdóttir, S. és Guðnason, J. (2018): The role of working memory capacity in cardiovascular monitoring of cognitive workload. *Biological Psychology*, **132**. 154–163. doi: 10.1016/j.biopsycho.2017.12.001.
- Johnson, S. (2017): This Company Wants to Gather Student Brainwave Data to Measure ‘Engagement’ EdSurge 2019. 09. 28-i megtekintés, Edsurge, <https://www.edsurge.com/news/2017-10-26-this-company-wants-to-gather-student-brainwave-data-to-measure-engagement>
- Klimesch, W. (1999): EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, **29**. 169–195. doi: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3.
- Klimesch, W. (2012): Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, **16**. 606–617.

- Kvaszingerné, Prantner Csilla és Emri, Zsuzsa (2018): Hogyan támogatható a tanulás vizsgálata Emotiv EPOC EEG eszközzel? In: *Agria Media* **2017**. 157–165. doi: 10.17048/AM.2018.157
- Lau-Zhu, A. Lau, M. P. H. és McLoughlin, G. (2019): Mobile EEG in research on neurodevelopmental disorders: Opportunities and challenges. *Developmental Cognitive Neuroscience*, **36**:100635. doi: 10.1016/j.dcn.2019.100635.
- Mann, L., Taylor Jr., R. G., Proger, B. B., Dungan, R. H. és Tidey, W. J. (1970): The effect of serial retesting on the relative performance of high- and low-test anxious seventh grade students. *Journal of Education Measurement*, **7**. 2. sz. 97–104.
- Matusz, P. J., Dikker, S., Huth, A. G. és Perrodin, C. (2019): Are We Ready for Real-world Neuroscience? *Journal of Cognitive Neuroscience*, **31**. 327–338. doi: 10.1162/jocn\_e\_01276.
- Messick, S. (1984): The Psychology of Educational Measurement. *Journal of Education Measurement*, **21**. 3. sz. 215–237.
- Powers, D. E. (1985): Effects of coaching on GRE aptitude test scores. *Journal of Education Measurement*, **22**. 2. sz. 121–136.
- Rabbi, A. F., Ivanca, K., Putnam, A. V., Musa, A., Thaden, C. B. és Fazel-Rezai, R. (2009): Human performance evaluation based on EEG signal analysis: a prospective review. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* **2009**. 1879–1882. doi: 10.1109/IEMBS.2009.5333877.
- Rutishauser, U., Ross, I. B., Mamelak, A. N. és Schuman, E. M. (2010): Human memory strength is predicted by theta-frequency phase-locking of single neurons. *Nature*, **464**. 903–907. doi: 10.1038/nature08860.
- Singer, W. (1993): Synchronization of cortical activity and its putative role in information processing and learning. *Annual Reviews of Physiology*, **55**. 349–374.
- Soroko, S. I., Shemyakina, N.V., Nagornova, Zh. V és Bekshaev, S. S. (2014): Longitudinal study of EEG frequency maturation and power changes in children on the Russian North. *International Journal of Developmental Neuroscience*, **38**, 127–37. doi: 10.1016/j.ijdevneu.2014.08.012.
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. és Nunamaker, J. F. (2006): Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information Manage.* **43**. 1. sz. 15–27.
- Zhang, Y., Qin, F., Liu, B., Qi, X., Zhao, Y. és Zhang, D. (2018): Wearable Neurophysiological Recordings in Middle-School Classroom Correlate With Students' Academic Performance. *Frontiers in Human Neurosciences*, **12**. 457. doi: 10.3389/fnhum.2018.00457.



**Kvaszingerné Prantner Csilla**  
**Eszterházy Károly Egyetem**  
**Matematikai és Informatikai Intézet**  
**Médiainformatika Tanszék**

**Dr. Antal Károly**  
**Eszterházy Károly Egyetem**  
**Biológiai Intézet**  
**Állattani Tanszék**

**Dr. Emri Zsuzsanna**  
**Eszterházy Károly Egyetem**  
**Biológiai Intézet**  
**Állattani Tanszék**